**UNIVERSIDAD DE CHILE** **Curso EH2801**
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Prof. José Maza Sancho
Departamento de Astronomía 10 Septiembre 2013

# 2.08.- El descubrimiento de la Vía Láctea:

## 2.08.1 Introducción:

La **Vía Láctea**, franja blanquecina que cruza el cielo dividiéndolo en dos hemisferios, es sin duda uno de los objetos más notables para un observador del cielo en una noche sin Luna. Es lógico entonces que llamara la atención de los filósofos desde las primeras épocas. Las primeras conjeturas acerca de su naturaleza fueron forzosamente especulativas al carecerse de evidencias observacionales cuantitativas. Según el mito griego la Vía Láctea habría sido producido cuando Hera, esposa de Zeus, amamantaba a Heracles (Hércules) y trató de sacarlo de su pecho; entonces Heracles succionó con tanta fuerza que un gran chorro de leche de Hera se disparó a los cielos. De ahí la Vía Láctea es el *"camino de la leche"*, la leche de Hera. Bella metáfora que hace gala del poder de succión de Heracles (y de la abundancia del pecho de Hera).

**Galileo Galilei**, al dirigir su telescopio a la Vía Láctea en 1610, descubrió que estaba compuesta por millares de estrellas débiles, invisibles a simple vista individualmente, pero que su modesto telescopio revelaba con claridad. La observación de Galileo pareció confirmar una antigua especulación del filósofo griego **Demócrito** que describía a la Vía Láctea como una gran concentración de estrellas, estrellas débiles tan cercanas unas de otras que producen en el ojo la sensación de un continuo de luz.

Durante el siglo XVIII encontramos cuatro interesantes contribuciones teóricas al tema de la estructura de la Vía Láctea: las de Swendenborg, Wright, Kant y Lambert. **Emanuel Swendenborg** (1688-1772), filósofo y científico sueco, en sus *"Principia"* de 1734 especuló que *"puede haber innumerables esferas de esta clase o cielos estrellados en el universo infinito... Este mismo cielo estrellado, estupendo como es, forma quizás, sólo una esfera, de la cual nuestro vórtice solar constituye solo una parte..."*

**Thomas Wright** (1711-1786), un fabricante de instrumentos y matemático inglés, presentó en 1750 el primer cuadro completo de la Vía Láctea en su obra *"An Original Theory or New Hypothesis of the Universe"*. Wright presenta la teoría que se ha dado en llamar de **"la piedra esmeril"** para la Vía Láctea, esto es un gran disco de innumerables estrellas con el Sol cerca de su plano principal de simetría y de su centro. Además menciona que muchas manchas nebulosas que apenas percibimos... estas con toda probabilidad son creaciones externas, bordeando la conocida, muy lejanas incluso para ser alcanzadas por nuestros telescopios. El modelo de Wright es un tanto confuso y su propio autor cambió sustancialmente sus puntos de vista en un trabajo posterior.

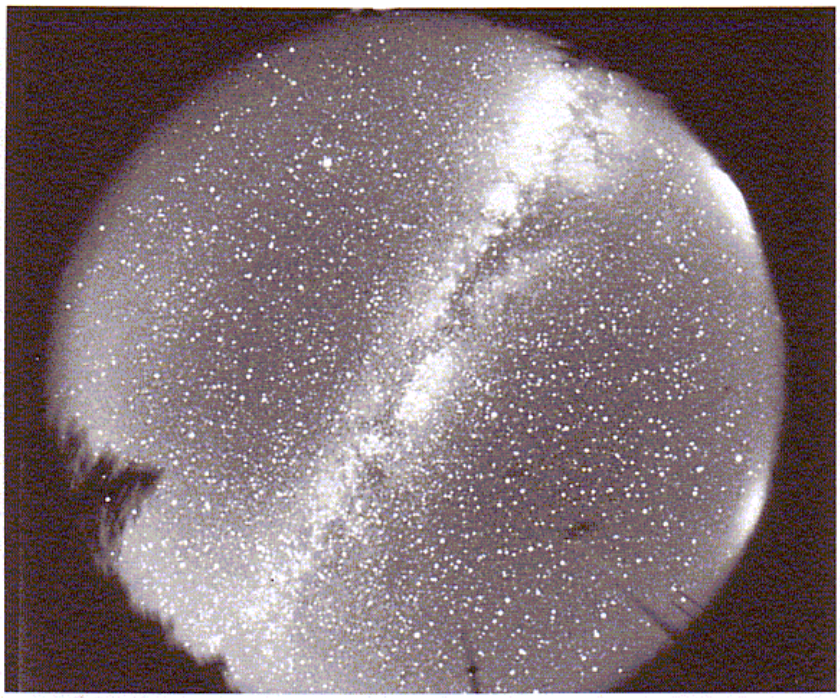


*Figure 17.9.* The Sun is located within the thin disk of a spiral galaxy. When we look perpendicular to the plane of the disk, we see relatively few stars; when we look in the plane of the disk, we see many stars that form the band of light called the Milky Way.

**Visión de la Vía Láctea desde el hemisferio norte. En el borde derecho de la imagen se ven las luces de dos ciudades reflejadas en el cielo.**

FIG. 43.—Immanuel Kant (1724-1804). (Adapted from familiar portrait of untraced origin.)

El gran filósofo alemán **Inmanuel Kant** (1724-1804), propuso en 1755 la llamada **"teoría de los universos-islas"**. Luego de describir y ampliar el modelo de Wright de la Vía Láctea, Kant se pregunta como se verían a grandes distancias estos sistemas estelares, respondiendo que presentarían igual apariencia que algunas nebulosas descubiertas de forma circular o elíptica. *"La analogía con el sistema estelar en que nos hallamos, su forma que es exactamente la que debe ser según nuestra teoría, la debilidad de la luz que presupone una distancia infinita - todo ello coincide para que consideremos estas figuras elípticas como otros tantos mundos, o por decirlo así, otras tantas Vías Lácteas, cuya constitución acabamos de exponer"* (Kant 1755, p. 59).

**Johann Heinrich Lambert** (1728-1777) consideró la estructura de la Vía Láctea y su relación con sistemas de orden superior en su libro *"Kosmologische Briefe uber die Einrichtung des Weltbaues",* de 1761. Lambert plantea que el cosmos está jerarquizado, donde el Sol con algunos millones de estrellas formaría un sistema estelar de segundo orden (el Sol y sus planetas son un sistema de primer orden), varios sistemas de segundo orden constituirían la Vía Láctea, sistema de tercer orden. Por último especula que varios sistemas de tercer orden podrían constituir sistemas de cuarto orden (cúmulos de galaxias). Todas estas interesantes especulaciones de Swendenborg, Wright, Kant y Lambert, fueron superadas ampliamente por el trabajo del gran astrónomo inglés **William Herschel** (1738-1822), durante el último cuarto del siglo XVIII.

Herschel abordó el problema de la estructura de la Vía Láctea desde un punto de vista cuantitativo. Ideó un método de recuento de estrellas en áreas selectas del cielo (zonas de 15 minutos de arco en diámetro). En algunas regiones sólo contaba una estrella, llegando en otras a contar hasta seiscientas. Supuso que las estrellas tienen el mismo brillo absoluto y que su densidad es uniforme. Así, una mayor cifra de estrellas indicaba una mayor extensión de la Vía Láctea en esa dirección. En 1785 publica el resultado de sus recuentos en 683 regiones del cielo. Encontró que las estrellas se distribuían preferentemente a lo largo de la Vía Láctea, con una distribución achatada de forma lenticular, o de piedra esmeril, cuyo espesor es 1/5 del diámetro. El Sol se ubica en el centro del sistema, o muy cerca de él.

Las dimensiones en la galaxia de Herschel no son absolutas pues aún no se conocía la distancia a las estrellas en términos absolutos (recién en 1838 Bessel midió la primera distancia estelar). Herschel propone un diámetro de 800 veces la distancia a Sirio, es decir, 7.000 años-luz en terminología contemporánea. Sin embargo, hacia el final de su vida Herschel se dio cuenta de las dificultades de su método, al comprobar que su telescopio de 20 pies no revelaba todas las estrellas en una dirección y que aquellas que él no percibía podían estar tan lejos o mas allá de 2.300 veces la distancia a las estrellas de primera magnitud. Esto permite suponer un tamaño mínimo para la Vía Láctea de 20.000 años-luz, valor que se aproxima bastante al real sobre todo si pensamos que se trata de la primera determinación que se realizó (hoy se cree que la Vía Láctea tiene un tamaño de unos 100.000 años-luz).

Hugo Seeliger.
(Yerkes Observatory photograph)

Durante el siglo XIX se efectuaron grandes avances en la construcción de telescopios y el desarrollo de nuevas técnicas, en especial la espectroscopia, que dan nacimiento a la Astrofísica, es decir, el estudio de la física de los astros. Este impulso se le debe a **Kirchhoff**, **Bunsen** y muchos otros. Hacia fines del siglo XIX se habían ya ejecutado los trabajos monumentales de los catálogos llamados *Durchmusterung*, obra que debemos principalmente al astrónomo alemán **Friedrich W. A. Argelander** (1799-1875), autor del *Bonner Durchmusterung*. La obra de Argelander comprende 324.198 estrellas catalogadas, más brillantes que la novena magnitud, comprendidas entre el polo norte celeste y 2 grados de declinación sur. Dicha obra fue extendida por **E. Schönfeld** con parte del hemisferio austral, hasta 23 grados sur. **John Macon Thome** (1843-1908), director del Observatorio de Córdoba, Argentina, continuó la obra con el *Córdoba Durchmusterung* (abreviado CD) que comprende la zona entre 23° y 42° sur. Finalmente Sir **David Gill**, astrónomo real en el Observatorio del Cabo de Buena Esperanza, en Sudáfrica, completó fotográficamente el resto del hemisferio austral. El holandés Jacobus Kapteyn colaboró con el catálogo del Cabo, que comprende 454.000 estrellas, conocido como *Cape Photographic Durchmusterung*, abreviado CPD.

El astrónomo de Munich **Hugo von Seeliger** (1849-1924) determinó la estructura de la galaxia mediante recuento de estrellas hasta distintas magnitudes límites, en varias partes del cielo. El método de von Seeliger da directamente la tasa de enrarecimiento de la galaxia en una dirección, y por ende no necesita la hipótesis de Herschel de estar viendo en esa dirección todas las estrellas que pertenecen a la galaxia. Las tasas de decrecimiento le permitieron a von Seeliger determinar el grado de achatamiento de la Vía Láctea, encontrando un valor muy similar al encontrado un siglo antes por William Herschel, ubicando al Sol nuevamente en el centro de la galaxia.

## 2.08.2. El Modelo de Kapteyn:

observers were J.C. Kapteyn.
(Yerkes Observatory photograph)

En 1901 **Jacobus Kapteyn** (1851-1922) utilizó movimientos propios de estrellas, en términos estadísticos, para determinar distancias medias, para estrellas de distintas magnitudes. De este modo Kapteyn pudo ponerle una escala absoluta al modelo de galaxia de Hugo von Seeliger. El resultado es un esferoide achatado de 10 kpc (kiloparsec) de diámetro (unos 30.000 años-luz) y 2 kpc de espesor en su parte central.

Jacobus Kapteyn era holandés. Estudió física y matemáticas en la Universidad de Utrecht. En 1875 trabajó por tres años en el Observatorio de Leiden para luego llegar a ser profesor de Astronomía y Mecánica Teórica en la Universidad de Gröningen, donde permaneció hasta su jubilación en 1921.

Kapteyn estaba consciente que su modelo dependía críticamente de la posible existencia de absorción interestelar. Si existiese absorción las estrellas distantes se verían más débiles lo que llevaría a ubicarlas más lejos que su distancia real. Si la absorción era producida por materia interestelar (granos de polvo) la luz de una estrella más distante, al tener que atravesar más material, sería más absorbida, por lo cual el efecto sobre ella sería mayor. Por tanto, en una dirección determinada, el número de estrellas disminuiría antes de encontrarse el límite de la galaxia, lo que llevaría a subestimar su tamaño. En 1918 Kapteyn se sintió seguro que la absorción no existía o, en todo caso, era despreciable, por lo que consideró que su modelo era una aproximación aceptable a la estructura de la Vía Láctea. Kapteyn encontró un ligero enrojecimiento de las estrellas más distantes. El supuso que se trataría de scattering de Rayleigh como el de las moléculas en la atmósfera terrestre, que tiene una fuerte dependencia con la longitud de ondas (la absorción es proporcional al inverso de la cuarta potencia de la longitud de onda). Con ello una pequeña absorción produce un gran enrojecimiento. Como Kapteyn sólo encontró un enrojecimiento moderado en las estrellas más distantes, supuso que la absorción también sería moderada o inexistente. La absorción interestelar sí existe y está causada por polvo y no moléculas, con lo que tiene una dependencia de la longitud de onda mucho menor que el scattering de Rayleigh; por ello ese pequeño enrojecimiento que encontró Kapteyn era mucho más significativo que lo que él pensó. Desgraciadamente ya era muy tarde para el *"universo de Kapteyn"*; un joven astrónomo norteamericano estaba cambiando el tema para siempre.

## J.C. Kapteyn

Jacobus Cornelius Kapteyn was born in Barneveld, The Netherlands, on 19 January 1851, one of fifteen children. He took a doctorate in physics at Utrecht, and then obtained a post at Leiden Observatory. At the age of twenty-seven he became professor of astronomy and theoretical mechanics at Groningen, a post he held until his retirement at the age of seventy.

As there were no major telescopes at Groningen, Kapteyn realized that the way forward was through collaboration with colleagues elsewhere. Assisted by convicts from a nearby prison, between 1886 and 1896 Kapteyn and his colleagues measured the positions of nearly half a million stars on plates of the southern skies taken by David Gill at the Cape of Good Hope. In 1906 he recruited the help of astronomers worldwide in assembling the data by means of which he planned to explore the Galaxy, through his *Plan of Selected Areas*; and although the First World War undermined the spirit of collaboration essential to the completion of the project, astronomers continued for a further fifty years to give preference to the sampling areas of the sky selected by Kapteyn.

Kapteyn retired in 1921, and died in Amsterdam on 18 June the following year.

### 2.08.3. El Modelo de Shapley:

En 1914 se inician en el observatorio de Monte Wilson una serie de trabajos sobre cúmulos estelares de tipo globular que llevarían a su autor, **Harlow Shapley** (1885-1972), a proponer un modelo de galaxia totalmente distinto del modelo de Kapteyn.

Un cúmulo globular de estrellas es un grupo estelar que reúne entre 50 mil y hasta 1 millón de estrellas en una pequeña región del espacio, de densidad estelar bastante alta. Se conocen más de cien cúmulos globulares, encabezados por Omega Centauri y 47 Tucanae, los cúmulos globulares más grandes, ambos visibles solamente desde el hemisferio sur. Shapley había trabajado en su doctorado en la Universidad de Princeton con Henry N. Russell, utilizando la relación período-luminosidad para cefeidas, descubierta por Miss Leavitt en Harvard.

En 1914 Shapley inició el estudio de estrellas variables pertenecientes a cúmulos globulares, continuando el trabajo iniciado por Solon I. Bailey del Observatorio de la Universidad de Harvard. Shapley utilizaba el telescopio de 1,5 metros de diámetro del observatorio de Monte Wilson. Comparando las variables que encontraba en los cúmulos con variables de la vecindad solar, de luminosidad conocida, pudo determinar las distancias a un buen número de cúmulos globulares.

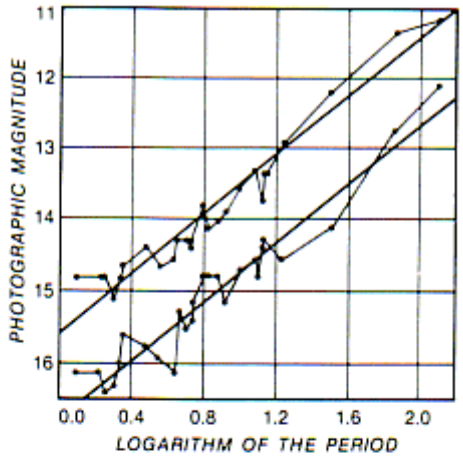



*Figure 30.2 Henrietta Leavitt's 1912 plot showed that the brightest Cepheid variables in the Small Magellanic Cloud had the longest periods. Apparent blue-light magnitude is given vertically and the logarithm of the stars' periods horizontally (0.0 equals 1 day; 1.0, 10; 2.0, 100). For each star she plotted its maximum and minimum brightness. The straight lines through these extremes show Leavitt's now-famous period–luminosity relation and the fact that the Cepheids all have about a 1.2-magnitude change in amplitude.*

En el Observatorio de la Universidad de Harvard, **Henrietta Leavitt** (1868-1921), en 1908, había notado que las variables más luminosas tenían los períodos más largos, descubriendo con ello lo que hoy se conoce como la relación período-luminosidad para las estrellas variables tipo cefeidas. Miss Leavitt descubrió la relación estudiando cefeidas en las Nubes de Magallanes. Las Nubes de Magallanes son las galaxias más cercanas a la Vía Láctea y donde se conocen varios miles de estrellas variables. Como todas ellas están a la misma distancia de nosotros sus magnitudes aparentes son proporcionales a sus luminosidades. En 1912 Miss Leavitt publica los períodos de 25 cefeidas de las Nubes de Magallanes y formaliza la relación período-luminosidad.

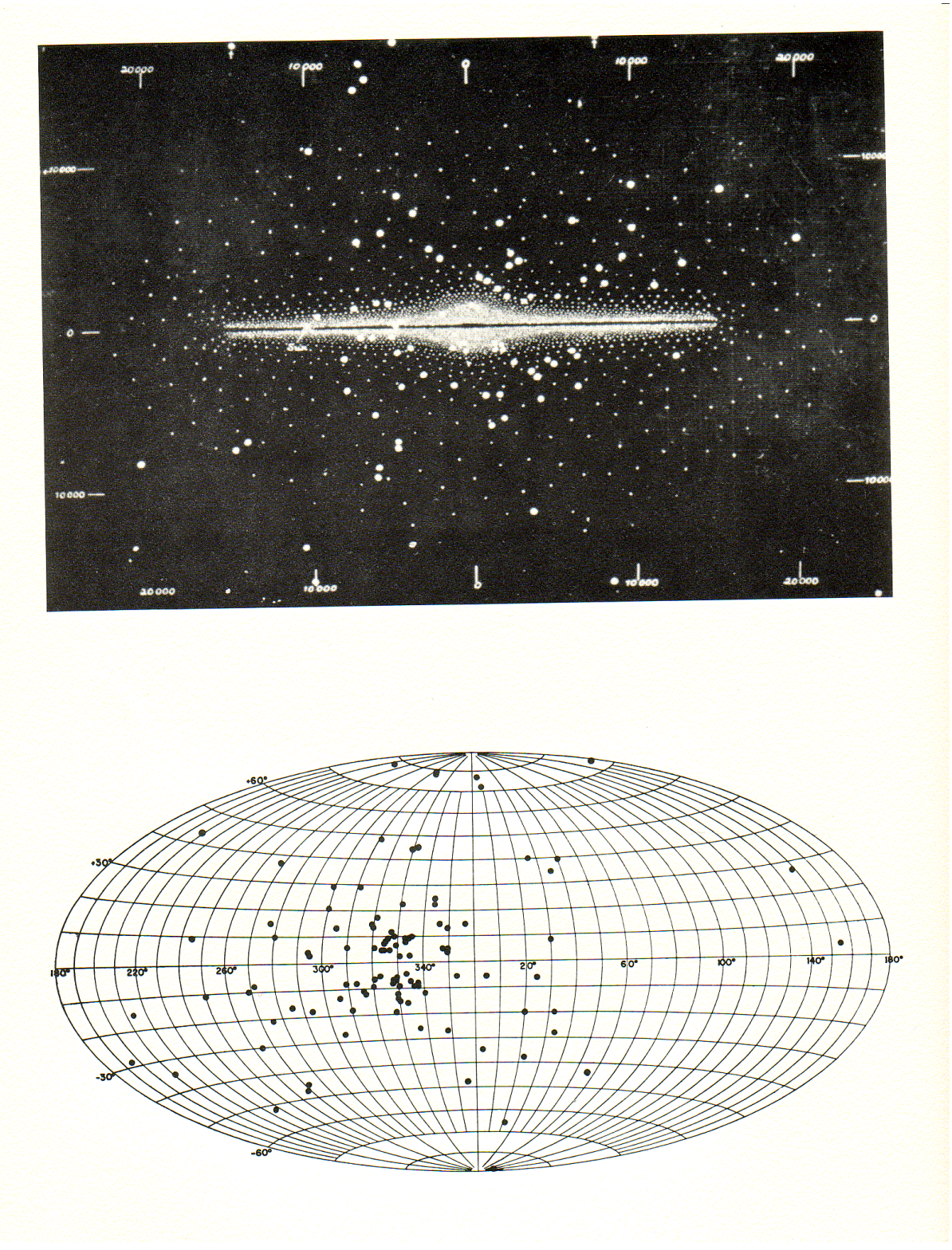
En 1915 Shapley se dio cuenta de la extraña distribución espacial que presentan los cúmulos globulares. Poseen una distribución simétrica con relación al plano de la Vía Láctea, encontrándose igualmente a ambos lados del plano galáctico, hasta altas latitudes. Sin embargo su distribución en longitud galáctica es anómala, ya que la gran mayoría de los cúmulos se encuentra en un hemisferio, en particular, parecen preferir la zona de la constelación de Sagitario. Un tercio de todos los cúmulos globulares se encuentran en un área del cielo que cubre sólo un cuatro por ciento del área total del cielo.

Las distancias determinadas por Shapley para los cúmulos globulares parecían indicar que estos objetos se encontraban en la periferia de la Vía Láctea o totalmente fuera de ella. En 1916 por ejemplo, determinó que el cúmulo M13 (Messier 13), un cúmulo globular en la constelación de Hércules, estaba a 30 kpc de distancia (unos 100.000 años-luz). Esto lo situaba mucho más allá de los confines de la galaxia de Kapteyn. Una posibilidad entonces era considerar que los cúmulos globulares no pertenecen a la Vía Láctea sino que son sistemas externos. Si se aceptara eso, sin embargo, ¿cómo explicar la distribución asimétrica?

The Shapley family in 1928; *left to right:* Alan, Willis, Harlow, Lloyd, Carl, Martha, and Mildred.

Shapley in the Observatory office he inherited from Pickering, photographed about 1930 by HCO's second Ph.D., Frank Hogg. (Courtesy Helen Sawyer Hogg)

Finalmente Shapley llegó a una solución que le pareció más convincente: los cúmulos globulares están asociados con la Vía Láctea y se distribuyen simétricamente con respecto a su centro. La distribución aparente asimétrica que nosotros vemos se debe a que el Sol está situado lejos del centro de la Vía Láctea, a unos 20 kpc (60.000 años-luz). El problema fundamental que presentaba ese modelo era explicar porque Kapteyn obtenía un modelo tan pequeño para la Vía Láctea. A pesar de esa dificultad Shapley, en 1917, propuso que la galaxia es 10 veces más grande de lo que se había pensado hasta esa fecha (100 kpc en lugar de 10 kpc, equivalentes a 300.000 años-luz en lugar de 30.000 años-luz), con el Sol ubicado a 20 kpc del centro (60.000 años-luz). Actualmente se aceptan dimensiones para la Vía Láctea intermedias entre las de Kapteyn y Shapley; para el diámetro unos 100.000 años-luz y para la distancia del Sol al centro unos 25.000 años-luz.




**Arriba: esquema de la Vía Láctea de canto, que muestra los cúmulos globulares como puntos blancos grandes. El Sol está indicado con una flecha hacia la izquierda del centro galáctico.**
**En la parte inferior se ve la distribución en la esfera celeste de los cúmulos globulares, que muestra una importante concentración para una longitud galáctica de 330º.**

daring young talent appeared on the American scene. In 1914 Harlow Shapley joined the staff of Mount Wilson Observatory, near Los Angeles. He had recently discussed his future plans with Solon I. Bailey of the

## Harlow Shapley

Harlow Shapley was born in Nashville, Missouri, on 2 November 1885, and worked as a reporter before resuming his education. In 1911 he received a fellowship to work with H.N. Russell at Princeton on eclipsing binary stars, and in 1914 was recruited by G.E. Hale to the Mount Wilson staff. His career there, as observer and brilliant theoretician, was cut short by his appointment in 1921 to a position at Harvard, where the directorship was vacant. Russell had declined the post, Shapley greatly coveted it, and after a few months at Harvard was so appointed. He remained there until his retirement in 1952, creating a stimulating atmosphere and later playing a significant role in the international scientific community. He died in Boulder, Colorado, on 20 October 1972.

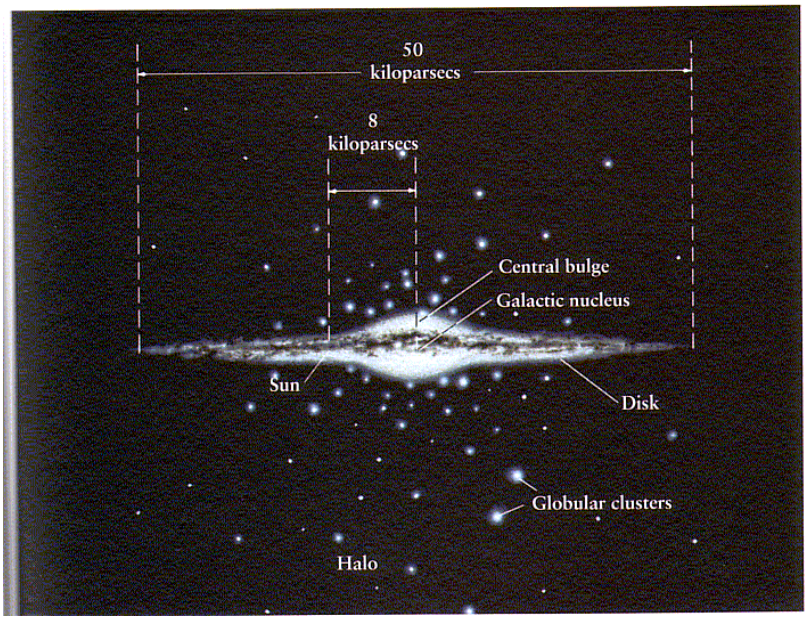



Figure 25-8
**Our Galaxy (Schematic Edge-on View)**
There are three major components of our Galaxy: a thin disk, a central bulge, and a halo. The disk contains gas and dust along with metal-rich (Population I) stars. The halo is composed almost exclusively of old, metal-poor (Population II) stars. The central bulge is a mixture of Population I and Population II stars.

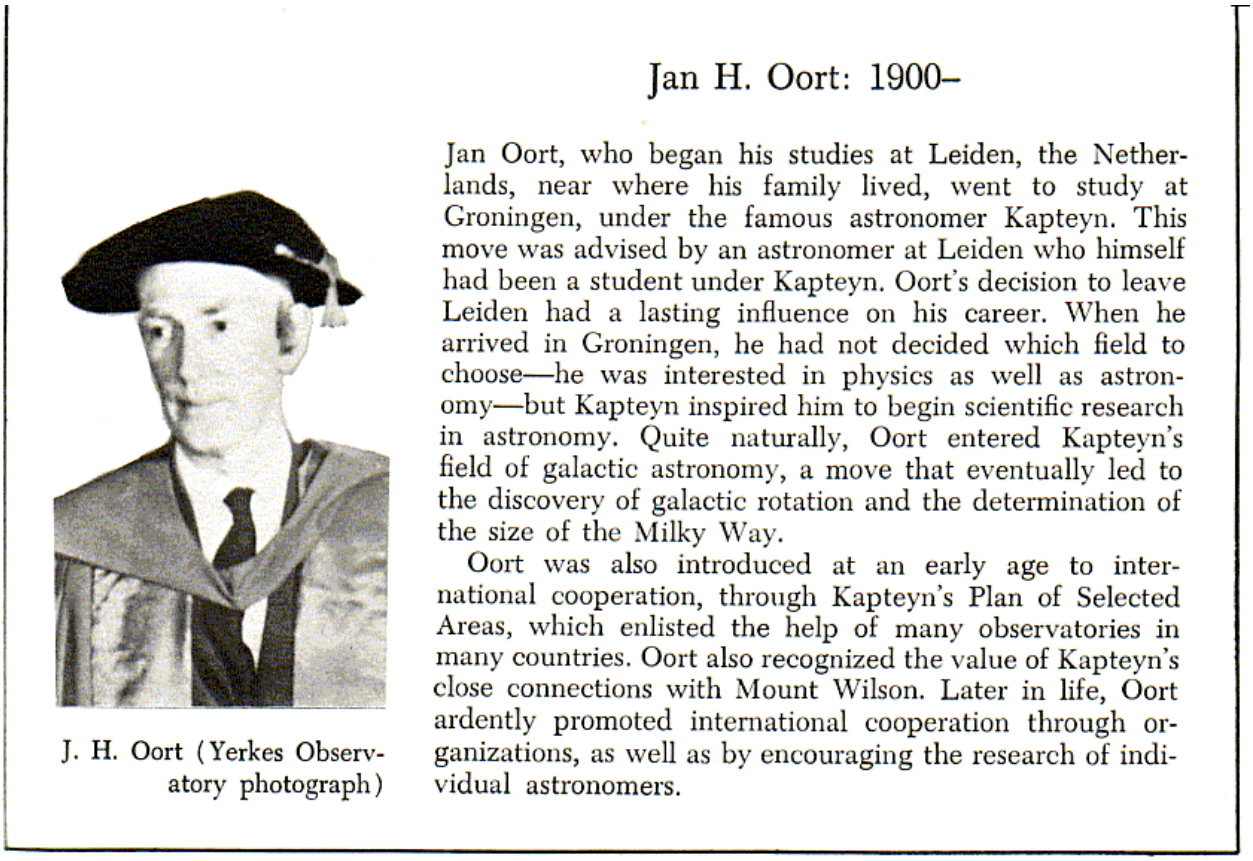
**Esquema de la Vía Láctea tal como se entiende hoy [1 kiloparsec = 3.260 años-luz].**

### 2.08.4. La Rotación Galáctica:

En 1871 el astrónomo sueco **H. Gylden** encontró que en una zona del cielo los movimientos propios de las estrellas todos tienen un cierto alineamiento. Perpendicularmente a esta dirección el movimiento medio de las estrellas es nulo.

A pesar de la falta de precisión en sus datos, Gylden atribuyó este efecto a la rotación galáctica. Desgraciadamente este trabajo no tuvo impacto en el desarrollo del tema pues no se lo conoció hasta después que el efecto había sido redescubierto en el siglo XX, con mejores datos observacionales.

**Benjamin Boss** fue el primer astrónomo en señalar la fuerte asimetría que existe en las distribuciones de las estrellas de alta velocidad. La asimetría fue confirmada por **Walter S. Adams** y **Arnold Kohlschutter**. Ellos señalan en 1914: *"Un hecho peculiar es la gran preponderancia de velocidades grandes negativas sobre las positivas... no menos del 75% de las grandes velocidades son negativas"* (W.S. Adams y A. Kohlschutter 1914, Ap.J., 39, 348). Velocidades radiales negativas indica acercamiento al Sol.



Jan H. Oort: 1900–



J. H. Oort (Yerkes Observatory photograph)

Jan Oort, who began his studies at Leiden, the Netherlands, near where his family lived, went to study at Groningen, under the famous astronomer Kapteyn. This move was advised by an astronomer at Leiden who himself had been a student under Kapteyn. Oort's decision to leave Leiden had a lasting influence on his career. When he arrived in Groningen, he had not decided which field to choose—he was interested in physics as well as astronomy—but Kapteyn inspired him to begin scientific research in astronomy. Quite naturally, Oort entered Kapteyn's field of galactic astronomy, a move that eventually led to the discovery of galactic rotation and the determination of the size of the Milky Way.

Oort was also introduced at an early age to international cooperation, through Kapteyn's Plan of Selected Areas, which enlisted the help of many observatories in many countries. Oort also recognized the value of Kapteyn's close connections with Mount Wilson. Later in life, Oort ardently promoted international cooperation through organizations, as well as by encouraging the research of individual astronomers.

**Jan H. Oort** (1900-1992), astrónomo holandés, mientras estudiaba astronomía en la Universidad en Gröningen, en Holanda, bajo la supervisión de Kapteyn, encontró en 1922, estudiando las estrellas de alta velocidad, que entre las longitudes galácticas 162° y 310° todas las velocidades altas eran positivas, y que en el sector opuesto eran

negativas. Oort descubrió que la asimetría depende mucho de la velocidad. Para velocidades menores de 62 km/seg las velocidades radiales tienen direcciones al azar, pero sobre esa velocidad crítica, las direcciones de las velocidades exhiben una marcada asimetría.

**Cúmulo globular 47 Tucanae en el cielo austral.**

Primero Oort trató de explicar estos hechos en base a un sistema local, basado en el modelo de Kapteyn de nuestra Galaxia. En su tesis doctoral J. H. Oort presentó argumentos (en Mayo de 1926) que lo llevaban a interpretar la velocidad crítica de 62 km/seg como la velocidad de escape del sistema local. Analizando las velocidades radiales de 19 cúmulos globulares, Oort encontró que la velocidad promedio de ellos era de aproximadamente de 92 km/seg. Oort señala que una velocidad tan alta como la observada en los cúmulos globulares hacia imposible pensar que ellos se encontraran ligados gravitacionalmente a un sistema local como el propuesto por Kapteyn. Ellos debían pertenecer a un sistema, mucho mayor y unas 200 veces más masivo que el de Kapteyn. Oort sugirió que la alta masa postulada no era visible a los astrónomos pues se encontraba en regiones del cielo con alto oscurecimiento. El problema de la absorción interestelar era un asunto muy delicado y que jugaría un papel muy importante en la astronomía de la época.

Oort plantea que los altos movimientos de los cúmulos globulares parecen indicar que el Sol se movería con respecto al centro de la Galaxia en una dirección a 100° del lugar de mayor concentración de cúmulos globulares. De acuerdo con su

modelo, las estrellas de alta velocidad serían intrusas en nuestro sistema local pero son miembros del sistema galáctico mayor y rotan alrededor del centro galáctico.

Las observaciones de estrellas de alta velocidad parecían indicar que la Galaxia se encontraba rotando. **Bertil Lindblad** (1895-1965), astrónomo teórico sueco, propuso un modelo en rotación para nuestra galaxia, que incluía varios subsistemas, rotando con distintas velocidades angulares. El resultado era sistemas de estrellas rotando en órbitas elípticas; las estrellas de menor velocidad espacial serian estrellas orbitando en torno al centro galáctico describiendo elipses alargadas, y que se encontraría ahora en su **apogalacticón** (distancia máxima al centro galáctico). Por el contrario, las estrellas con movimiento más rápido que el Sol serían aquellas que se encontrarían en el **perigalacticón** de una órbita elíptica alargada.

J. Oort adoptó el modelo de Lindblad y en 1927 publicó un trabajo en el cual explica las consecuencias de una rotación galáctica diferencial. Plantea la ecuación para las velocidades radiales de las estrellas como:

$$v_r = A\ r\ \text{sen}\ [\ 2(l-l_0)]$$

y una expresión similar para los movimientos propios, que contiene una constante B. Analizando los datos de que disponía, encontró para el centro galáctico la dirección

$$l_0 = 323° \pm 2°.4$$

y el valor de la distancia al centro galáctico como

$$R_0 \sim 5.1 - 5.9\ \text{kpc}$$

Posteriormente, en Septiembre de 1927, Oort recalculó los parámetros utilizando mejores datos y obtuvo

$$R_0 \sim 6{,}3 \pm 2{,}0\ \text{kpc}$$

El valor de lo calculado por Oort está en excelente acuerdo con la dirección señalada por Shapley para el centro galáctico, de sus estudios de la distribución de cúmulos globulares. El valor de $R_0$ era sólo la tercera parte del sugerido por Shapley. De todos modos se puede afirmar que con el modelo galáctico de Oort queda destronado definitivamente el Universo de Kapteyn y sólidamente establecido el modelo galáctico de Shapley, con el Sol en posición excéntrica.

**John Stanley Plaskett** (1865-1941), del *"Dominion Astrophysical Observatory"* en Victoria, Canadá, corroboró los resultados de Oort con datos de velocidades radiales para estrellas tempranas de tipo espectral 0 y tipo B. En un trabajo publicado en el *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS, **88**,395-403,1928) Plaskett calculó:

$$l_0 = 324°.5 \pm 1°.8 \qquad \text{y} \qquad A = 15.5 \pm 0.7$$

Oort había calculado para la constante A el valor 19±3. (Las constantes A y B se denominan constantes de Oort).

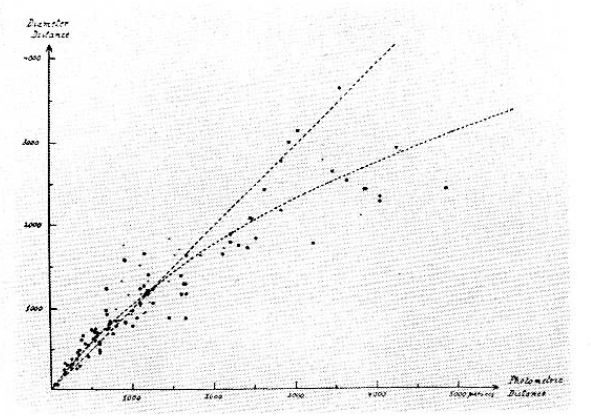
### 2.08.5. Epílogo:

La gran discrepancia entre las escalas de los modelos de Kapteyn y de Shapley vino a resolverse sólo en 1930, gracias al trabajo de **Robert Trumpler** (1886-1956). Tanto Kapteyn como Shapley habían buscado evidencias acerca de enrojecimiento y/o absorción en el espacio interestelar; ambos llegaron a la conclusión que "algo había" pero no era muy importante, no lo suficiente para alterar su modelo. Sin embargo Robert Trumpler demostró la existencia de una significativa absorción interestelar estudiando cúmulos estelares.

ROBERT JULIUS TRUMPLER
1886-1956

En el plano de la Vía Láctea (o muy cerca de él) se encuentran cientos de cúmulos estelares, agrupaciones de estrellas que contienen unos pocos millares de ellas, mucho menos que las que pertenecen a los cúmulos globulares que había estudiado Shapley. Trumpler se dio cuenta que tanto el diámetro angular del cúmulo como el brillo de las estrellas más brillantes en él le indicaban la distancia al cúmulo. El diámetro angular disminuye con el inverso de la distancia en cambio la luz disminuye con el inverso del cuadrado de la distancia. Adicionalmente el brillo aparente está afecto a una posible absorción interestelar. Trumpler encontró que las escalas de

distancias antes mencionadas no estaban en acuerdo en el sentido que las distancias derivadas del brillo aparente eran mayores que las que se derivan de los tamaños angulares.



A comparison of the distances of open clusters determined from apparent magnitudes and spectral type (abscissa) with those determined from angular diameters (ordinate). The dotted straight line indicates the expected relation if no absorption is present. The dotted curve gives the relation for a general absorption of $0^{m}7$/kpc. (Courtesy of the *Publications* of the Astronomical Society of the Pacific, *42*, 214, 1930)

89

**Grafico que muestras las distancias a cúmulos abiertos derivadas de las magnitudes aparentes en la abscisa y la distancias derivadas de los tamaños angulares en la ordenada. Las distancias fotométricas superan siempre a las geométricas. La curva del ajuste corresponde a 0,7 magnitudes por kiloparsec.**

Si se asumía que la escala de distancia correcta era la del brillo aparente, en ese caso resultaba que los cúmulos eran físicamente más grandes mientras más alejados del Sol (viviríamos en un extraño lugar de la Vía Láctea donde los cúmulos estelares son muy pequeños y alejándose se hacen progresivamente más grandes). Al contrario, si se acepta que la escala de distancias correcta es la que se deduce de los tamaños angulares se debe aceptar, según Trumpler, 0,7 magnitudes de absorción por cada kiloparsec (corresponde a un factor ~2 de menor brillo por cada kiloparsec).

La absorción de Trumpler le impedía a Kapteyn ver toda la Galaxia y por ello su modelo era muy pequeño. La misma absorción, sumada a errores en la calibración de la relación período-luminosidad, hacían que la galaxia de Shapley fuese un factor 2,5 mayor que lo real. Por ello, después de 1930, con el trabajo de Trumpler, queda definitivamente establecido el modelo de Shapley pero con una corrección a la baja en sus dimensiones.

**Bibliografía:**

Berendzen, R., Hart y Seeley, D., "Man Discovers the Galaxies", Science History Pub., N. York, 1976

E. Kant, “Historia Natural Universal y Teoría de los Cielos”, 1755 (Ed. Lautaro, B. Aires, 1946).